

ОПЫТ СОЗДАНИЯ ГАЗОГЕНЕРАТОРНОЙ ТЭЦ-ДВС

В соответствии с областной государственной целевой программой «Экология и природные ресурсы Свердловской области на 2003 г.», по заказу Министерства природных ресурсов на кафедрах «Энергосбережение» и «Тепловые электрические станции» УГТУ-УПИ была разработана газогенераторная мини-ТЭЦ ДВС. В состав оборудования станции входят:

газогенератор (ГГ) обращенного процесса;

система газоподготовки, включающая систему очистки, охлаждения и осушки;

ДВС УАЗ-24-10 с электрогенератором БГ-16.

Исполнение энергоустановки – стационарное, режим работы автономный. Расчётные параметры: мощность электрическая – 40 кВт, тепловая – 80 кВт (30 кВт – утилизации теплоты выхлопных газов двигателя, 50 кВт – утилизации теплоты рубашки охлаждения двигателя (промежуточного контура)). КПД мини-ТЭЦ общий 70%, КПД электрический – 23%.

Система утилизации тепла имеет стандартный характер, ввиду этого основное внимание при разработке было уделено трудно моделируемым процессам газификации и газоподготовки.

ГАЗОГЕНЕРАТОР

За основу был взят торфяной газогенератор, рассчитанный на традиционный режим воздушной газификации при температуре горения 1000-1100 °С, с получением газа калорийностью до 5 МДж/м³. Расчетная мощность газогенератора $N_1 = 120$ кВт.

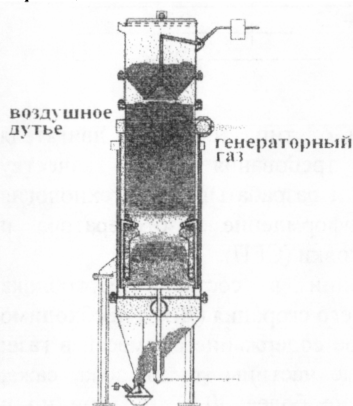


Рис. 1. Газогенератор силовой

Была произведена адаптация исходного (по проекту) газогенератора к сжиганию типичных для Свердловской области биотоплив с отличными от расчетных характеристиками: торфе-полубрикете (пониженная прочность, $W^p=45\%$) и древесных чурках ($W^p=30\%$).

В результате испытаний был выделен так называемый “высокотемпературный” режим – это режим с повышенной температурой в зоне горения 1250-1500 °С, концентрацией CO – 23-30 %, H₂ – 18-20 %, CH₄ – 2 -2,5 %, калорийностью газа 5 – 6,8 МДж/м³.

Температура в верхней части газогенератора 600-700°С. Здесь процесс пиролиза протекает интенсивно и в основном

завершается до зоны фурм. Из топлива выделяются основная масса летучих, которые, проходя через зону горения, почти полностью разлагаются, кроме тех, у которых температура разложения выше 1500°C. Таким образом зона горения с температурой 1500 °С является своего рода высокотемпературным фильтром, который улавливает основную часть смол.

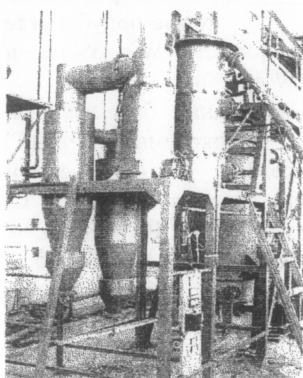
Высокотемпературный режим стал возможным благодаря малой концентрации и тугоплавкости золы древесного топлива, что сохраняет сухое золоудаление. В этом режиме при воздушном дутье создаются условия паровой газификации, при высокой температуре происходит диссоциация водяных паров, выделяющихся из влажного топлива, что обогащает генераторный газ водородом. Таким образом был воспроизведен горновой метод газификации с сохранением сухого золоудаления.

Результаты испытаний сведены в таблицу, в которой для сравнения приведены основные показатели газификации древесины с влажностью $W^p=30\%$ в плотном слое на паровоздушном дутье.

Результаты исследования работы газогенератора

Параметр	Воздушная газификация древесины в газогенераторе УГТУ-УПИ	Паровоздушная газификация древесины $W^p=30\%$
Состав газа (без N_2 и высших углеводородов), %		
CO	25-34	29,0
CO ₂	5-10	6,5
O ₂	0-2	0,2
H ₂	20-25	14,0
CH ₄	2-3,5	3,0
Калорийность газа, МДж/м ³ с.г.	6,07-7,1	6,49
Удельный расход воздуха, м ³ /кг	0,8-1,3	0,7
Удельный расход газа, м ³ /кг	1,3-2	1,3

СИСТЕМА ГАЗОПОДГОТОВКИ



В зависимости от типа теплового двигателя формулируются требования к качеству генераторного газа и разрабатываются технология и аппаратное оформление газогенератора и системы газоподготовки (СГП).

При применении в составе энергоблока двигателя внутреннего сгорания (ДВС) необходимо следующее конечное содержание примесей в газе: твердые взвешенные частицы (пыль, зола, сажа, торфяной кокс) – не более 30 мг/м³ (при н.у.); смолы (имеющие температуру кипения выше 150°C, фенольные фракции и полиароматические углеводороды) – до 50 мг/м³; влаги – не более 60 г/м³.

Рис. 2. Система газоподготовки

Для обеспечения максимального срока эксплуатации ДВС требуется разработка технологической системы подготовки газа, включающей в себя узлы очистки от твердых частиц и смол, а также узлы охлаждения и осушки газа.

Одной из последних разработок является СГП газогенератора (ГГ) обращенного типа, основанная на вихревом барботажном аппарате (ВБА). При подготовке газа к очистке он разгоняется в сухих щелях завихрителя до 40 – 70 м/с, затем проходит барботажный слой жидкости, вращаясь со скоростью 2,3 – 3,9 м/с в двухфазном потоке пузырьковой структуры.

ГОУ ВПО УГТУ-УПИ в сотрудничестве с предприятием «Уралтрансгаз» ОАО «Газпром» проведены сравнительные испытания двух вариантов СГП в составе опытно-промышленной твердотопливной мини-ТЭЦ-ДВС, смонтированных параллельно: инерционно-осадительной барботажной (ИОБ) с каплеуловителем (разработки АОТ НИИТП, г. С-Петербург) и выполненной на базе аппарата ударно-инерционного действия с прямыми контактными каналами (УИПК), разработанной в УГТУ-УПИ. Производительность установки по генераторному газу 100–160 м³/ч при н.у. Топливо – древесная чурка и торф-полубрикет.

Испытания системы УИПК проводилась после модернизации ГГ и доработки СГП с использованием аппарата УИПК, снабженного регулятором уровня жидкости. Примененный в опытной установке аппарат УИПК является одним из наиболее эффективных и малознергоемких (при оптимальной конфигурации) газопылеулавливающих аппаратов мокрого типа с внутренней циркуляцией жидкости.

Аппарат работает следующим образом.

Газовый поток поступает во входную камеру, заполненную до определенного уровня жидкостью (реагентом). Газ ударяется о ее поверхность и резко изменяет траекторию движения. В результате этого происходит очистка газа от наиболее крупных фракций твердых примесей. Далее газ движется по направлению к контактному каналу. При этом за счет силы газожидкостного трения он «сдирает» часть жидкости. Также происходит ее частичное испарение. Эта парогазовая смесь поступает в контактный канал.

При высоких скоростях, существующих в канале, жидкость интенсивно дробится на мельчайшие капли, что значительно увеличивает поверхность контакта газа и жидкости и интенсифицирует массообмен. Таким образом, создаются условия для глубокой газоочистки и теплообмена.

После выхода из контактного канала происходит дополнительное улавливание частиц вследствие набегания потока газа на орошаемую стенку аппарата. Далее идет процесс разделения газовой и жидкой фаз, и в выходной камере заканчивается окончательное отделение газа от капель жидкости в каплеуловителе центробежного, фильтрующего, жалюзийного или другого типа.

В ходе испытаний был запущен двигатель УАЗ-24-10 с электрогенератором БГ-16. В качестве нагрузки были подключены электрические лампы накаливания общей мощностью 6 кВт (12 шт по 0,5 кВт). Полученная мощность не

предел для данных двигателя и генератора (расчетная мощность 16 кВт). Кроме того, газогенератор способен обеспечить работу не менее трех двигателей такого типа.

Двигатель был установлен на улице без укрытия, при температуре окружающего воздуха (в ноябре и декабре от +4 до -16 °С). Работа ДВС была стабильная, запуск устойчивый, без растопочного топлива. Стабильное горение факела начиналось уже через 10-15 минут после розжига газогенератора.

ВЫВОДЫ

Удалось адаптировать исходный газогенератор для работы на местном высоковлажном топливе.

Специфика древесного топлива позволяет создавать режимы горновой воздушной газификации с параметрами генераторного газа, схожими с параметрами газа при паровоздушной газификации и получать обогащенный водородом генераторный газ.

Несмотря на то, что не были достигнуты расчетные скорости в канале аппарата, полученные экспериментальные данные показывают, что СГП с аппаратом УИПК обеспечивает более высокую, чем в ИОБ, степень очистки газа, а также близкое к требуемому снижение температуры газа перед ДВС, позволяет регулировать эти параметры за счет изменения степени затопления контактного канала.

Данный вариант СГП имеет меньшие массогабаритные характеристики, чем ИОБ, при одинаковых удельных энергозатратах на очистку газа.

Удельный расход жидкости и энергозатраты на очистку газа (особенно в расчете на 1 кг удаленных примесей) в аппарате УИПК ниже, чем в системе с ВБА, при практически одинаковом конечном содержании примесей в газе.

Результаты проделанной работы позволяют заложить опробованную модель в основу создания автономной газогенераторной мини-ТЭЦ ДВС.